

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ДЕТАЛИ ПРИ ГЛУБОКОМ СВЕРЛЕНИИ ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВ

Для определения потоков и стоков теплоты в детали при глубоком безвыходном сверлении ($10...15d$) в литейных алюминиевых сплавах (ЛАС) использовали метод измерения температуры встроенными и перерезаемыми хромель-алюмелевыми термопарами. Для расчета температуры, регистрируемой на встроенных термопарах, использовали методику определения количества теплоты на расстоянии $0,5\text{ мм}$ от зоны резания, предложенную проф. В.И. Дрождиным [1].

Для проведения серии опытов по определению температурных полей в обрабатываемой детали изготовили образцы из литейных алюминиев (рис. 1). В образце предварительно сверлили отверстия $\varnothing 2\text{ мм}$ в шахматном порядке с интервалом в один диаметр используемого сверла с одной стороны, а с другой со смещением относительно первой группы отверстий на половину диаметра сверла. В эти отверстия зачеканивали термопары, при этом припаивали горячий спай ко дну отверстия. Одна половина термопар устанавливалась таким образом, чтобы их горячий спай в процессе резания перерезался, а вторая половина так, чтобы толщина перемычки между обрабатываемой поверхностью A_y исследуемого отверстия и дном отверстия с припаянным горячим спаем термопары составляла не более $0,5\text{ мм}$.

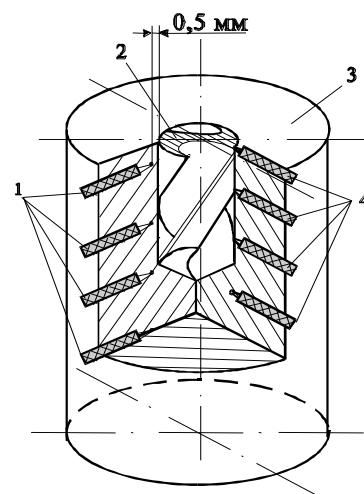


Рис. 1 – Схема измерения температуры в детали при ГВС отверстий. 1) хромель-алюмелевая термопара; 2) сверло; 3) образец из ЛАС; 4) срезаемая хромель-алюмелевая термопара.

Распределение температурных полей в обрабатываемой детали из литейных алюминиях при глубоком безвыводном сверлении зависит от механических свойств алюминия и от способа подачи СОТС в зону обработки.

Механические свойства обрабатываемого материала (в частности, теплопроводность) влияют на распределение тепловых потоков и стоков, а также на расположение температурных полей прямо пропорционально, так как работа, затрачиваемая на отделение и удаление стружки в зоне резания, зависит от свойств материала заготовки. Кроме этого, механические свойства сильно влияют на рост адгезионного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов, а следовательно, значительно повышают коэффициент трения при воздействии повышенной температуры.

Распределение потоков и стоков теплоты в детали при глубоким безвыводном сверлении отверстий в алюминиях определяется выражением, являющимся решением дифференциального уравнения теплопроводности и зависит от количества теплоты, полученной в результате работы сил трения по поверхности $A\alpha$ и работы направленной на деформацию и срез материала.

Определяем температуру на поверхности $A\gamma$ в местах контакта ее с поверхностью $A\alpha$ инструмента по формуле, предложенной в работе Г.И. Грановского и др.[2]:

$$\Theta = 2,07 \tau_{FI} \sqrt{\xi_1 V} / \sqrt{\alpha C_\gamma},$$

где τ_{FI} – удельная сила трения по поверхности $A\alpha$, $\tau_{FI} = \tau_\alpha + \tau_\gamma$; ξ_1 – длина контакта поверхности $A\alpha$ с поверхностью $A\gamma$ отверстия, мм; λ – коэффициент теплопроводности, Дж/см с °С; c – теплоемкость, в Дж/К; γ – удельный вес, в кгс/см³.

Определяем температуру резания в детали в момент процесса резания по формуле, предложенной в работах А.Н. Резникова и др. [3]:

$$\Theta_P = \frac{g \sqrt{a}}{2 \lambda \sqrt{\beta}} \exp \left[-|Y_H - Y| \sqrt{\frac{\beta}{a}} \right]$$

где $\beta = 2 \lambda p / C_p \gamma_0$; Y_H – координаты источника, мм; Y – координаты точки тела, мм; p – периметр контактной площадки, $\delta = (\dot{a} + \hat{a})$, мм²; λ – коэффициент

теплопроводности, $\text{кал}/(\text{см сек град})$.

Значение λ , по данным работ [3] для алюминия, равно $\lambda = 0,536 \text{ Дж/см} \cdot \text{с} \cdot \text{°C}$; $Cp = 9,64 \text{ кал/см}^3 \cdot \text{град}$; $\omega = 0,841 \text{ см}^2/\text{град}$. Тогда из уравнений 1 и 2 получаем уравнение распределения температуры в детали от воздействия двух источников в зоне резания:

$$\Theta_D = \frac{2,07 \tau_{FI} \sqrt{\epsilon_I V}}{\sqrt{\lambda C_p}} + \frac{g \sqrt{a}}{2\pi \sqrt{\beta}} \exp\left[-|Y_u - Y| \sqrt{\frac{\beta}{a}}\right]$$

Для определения количества теплоты, перешедшей в деталь от стружки в зоне обработки, используем формулу, полученную аналитически, т.е. $Q'_C = 1/3 Q_C$. По данным работы А.Н. Резникова [3], точное количество теплоты, перешедшее в стружку в результате ее деформации (Q_{dc}), можно определить по формуле:

$$Q_{PC} = 0,6 \frac{\omega k}{\lambda V} b^* qd,$$

где k – коэффициент продольной усадки стружки, $k=0,2$; qd – интенсивность источника теплоты, возникающего под воздействием деформации стружки:

$$qd = 3,9 \frac{V \cos \gamma}{abk \sqrt{k^2 - 2k \sin \gamma + 1}} \times \\ \times [(P_z - 0,252 \sigma_B b \ell_3)(k - \sin \gamma) - (P_N - 0,252 \sigma_B b \ell_3) \cos \gamma]$$

где, b^* – доля теплоты в том теле, по которому перемещается источник, отсюда:

$$b^* = 1 / \left(1 + 1,33 \frac{k \sqrt{\sin \beta}}{\sqrt{Re_d}} \right)$$

где, Re_d – безразмерный критерий Пекле для источника, эквивалентного теплоте деформации:

$$Re_d = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_a}{\omega}$$

Количество теплоты, перешедшее из инструмента в деталь в результате вторичной конвенции потоков теплоты, можно определить по формуле приближенно из-за их значения:

$$Q'_H = 0,1 Q_H$$

Поэтому распределение количества теплоты в зоне обработки, перешедшее в деталь, можно определить по формуле: $Q = Q_P + Q_{T3} + Q'_C + Q''_C$.

Теоретический анализ тепловых явлений при ГБС не позволяет учитывать

некоторые конкретные условия, имеющие место в процессе резания материала. К ним можно отнести особенности конструкции и заточки сверла, изменение состояния поверхностей и кромок сверла в результате износа, допущенная систематизация процесса и т.д. Поэтому аналитические данные должны быть дополнены результатами непосредственных измерений температуры, как в зоне резания, так и в зоне обработки.

На основе полученных значений распределения температуры на поверхностях и кромках сверла, можно представить распределение температурных полей в теле детали и стружке. Исходя из этого, можно получить картину адгезионного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материала в процессе обработки отверстий. На связь тепловых явлений со степенью увеличения либо уменьшения адгезионного взаимодействия указывал в своей работе А.М. Даниелян [4].

Анализ опытных и теоретических данных о направлении потоков и стоков теплоты в детали при обработке отверстий в алюминиях показал, что распределение температурных полей зависит от конфигурации заготовки и расположения канала отверстия относительно внешнего и внутреннего контура детали, свойств обрабатываемого материала (теплопроводность) и т.д. Кроме этого, на расположение температурных полей в детали большое влияние оказывает вторичное перераспределение потоков и стоков теплоты в системе деталь – сверло – стружка (рис. 2 и табл.).

Из рисунка 2 и табл. видно распределение температуры обработанной поверхности заготовки, измеренной автором в ходе проведения экспериментов встроенными и перерезаемыми хромель-алюмелевыми термопарами в зоне резания и зоне обработки.

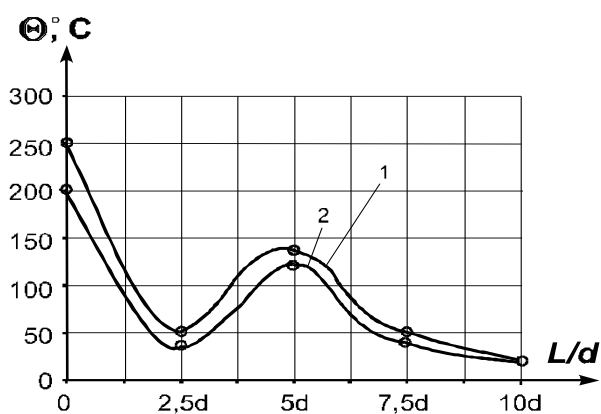


Рис. 2 – Распределение температуры в теле детали в зависимости от глубины сверления. 1) перерезаемая термопара; 2) встроенная термопара.

Таблица – Распределение температуры в теле детали в зависимости от глубины сверления, измеренная перерезаемыми и встроенными термопарами.

	Глубина сверления отверстия, L/d				
	0d	2,5d	5d	7,5d	10d
Перерезаемые термопары	250	50	140	50	20
Встроенные термопары	200	40	130	40	20

Из рисунка 2 и табл. видно распределение температуры обработанной поверхности заготовки, измеренной автором в ходе проведения экспериментов встроенными и перерезаемыми хромель-алюмелевыми термопарами в зоне резания и зоне обработки.

В интервале глубины сверления от 0d до 2,5d происходит уменьшение температуры с 250° до 40° C, связанное с теплопроводностью алюминия (конвекцией в тело детали потоков теплоты) и стоком теплоты из зоны обработки за счёт воздействия СОТС рассеиванием в окружающую среду, т.е. условия обработки соответствуют неглубокому сверлению.

В интервале сверления отверстия от 2...5d до 5d происходит рост температуры с 40° до 140° C связанный с пакетированием стружки в стружечных канавках, т.е. вторичным перераспределением теплоты от стружки в деталь в связи с увеличением точек контакта стружки с поверхностью A_y в зоне обработки В интервале глубины сверления от 5d до 10d происходит снижение температуры до 20° C, вызванное теплопроводностью алюминия, т.е. рассеиванием теплоты полученной от вторичного источника в зоне обработки и удалением теплоты под воздействием СОТС.

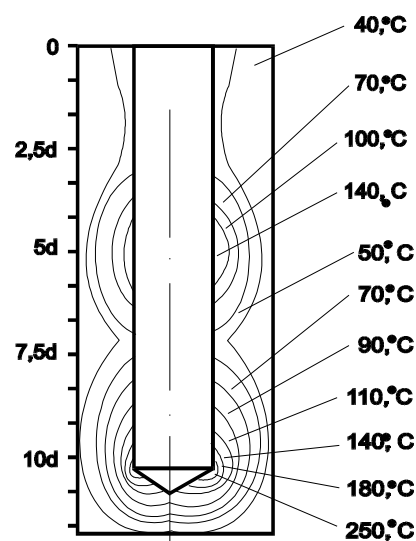


Рис. 3 – Распределение температурных полей в детали в зависимости от глубины сверления измеренное автором.

Следовательно, делаем вывод, что закономерность распределения теплоты в детали зависит от тепловой конвенции и теплопроводности алюминия.

Распределение температурных полей (рис. 3) в детали, полученное автором в процессе обработки глубоких отверстий.

Исходя из полученных экспериментальных значений о распределении температуры в зоне резания и зоне обработки, температурных полей на поверхности *Ау*, в зависимости от глубины сверления, делаем вывод о подтверждении гипотезы о наличии вторичного перераспределения потоков и стоков теплоты (рис. 3) в детали в процессе обработки глубоких отверстий.

Список литературы:

1. ***Дрожжин В.И.*** Влияние размера, формы и удаления горячего спая искусственной термопары на регистрируемую температуру. // Резание и инструмент. Респуб. межвед. темат. науч.-техн. сборник: –Х.: Виша школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1976.–Вып. 16–С.30-33.

2. ***Грановский Г.И., Грановский В.Г.*** Резание материалов. –М.: Высшая школа, 1985.–304 с.

3. ***Резников А.Н.*** Теплофизика процессов механической обработки материалов. –М.: Машиностроение, 1981,–279 с.

4. ***Даниелян А.М.*** Теплота и износ инструмента при резании металлов. –М.: Машгиз, 1954,–276 с.